

## Actomyosin 溶液の Superprecipitation に関する研究

— Mg, Ca の Superprecipitation に及ぼす影響 —

葛西 健治 藤野 和宏

札幌医科大学生理学教室 (主任 永井教授)

## Studies on Superprecipitation of Actomyosin Solution

— The Effect of Mg and Ca on Superprecipitation of Actomyosin Solution —

By

KENJI KASAI and MASAHIRO FUJINO

Department of Physiology, Sapporo University of Medicine  
(Chief: Prof. T. NAGAI)

The effects of  $MgCl_2$  and  $CaCl_2$  on superprecipitation were studied and the following results were obtained.

1)  $MgCl_2$  ( $10^{-3}$  M) generally narrows the range of occurrence of superprecipitation and increases its intensity. The degree of the effect varies, however, with the concentration.

2)  $CaCl_2$  ( $10^{-3}$  M) does not influence the range of occurrence, but occasionally reduces the intensity of superprecipitation. The degree of this effect also varies with the concentration of  $CaCl_2$ .

3) Both  $MgCl_2$  and  $CaCl_2$  have the general effect of prolonging the time interval between the addition of ATP and the beginning of syneresis.

A suggestion was obtained, hereby, as to the possible mechanism underlying the process of muscle contraction.

Na, K, Mg, Ca 等の ion は筋肉中に生理的に比較的多量に含まれており、その生理的な意味とともに特に筋肉中におけるその存在が同じく筋肉内にふくまれる ATP との関連において如何なる関係を有しているかという問題が昔から取上げられている。殊に K, Mg, Ca は muscle protein たる actomyosin, myosin に作用を及ぼし前者の収縮とともに両者の ATPase activity に阻害または促進の影響を及ぼす<sup>1)</sup>。superprecipitation (以下 superppt と略す) に対するこれら ion の影響の研究は多くはなく A. Szent-Cyörgyi<sup>2)</sup>, I. Banga<sup>3)</sup>, S. S. Spicer<sup>4), 5)</sup> によつて行なわれているが実験条件, 方法, 判定基準等の相異のため、得られた実験成績をそのまま並べて比較するのは当を得ない状態で、これら ion の影響を広い領域において一貫してみる事が出来ないで、著者はやや広い範囲に涉つて筆者の慣用にかかる方法<sup>6)</sup>を用いて研究を行なつた。

### 実験方法

#### A. 実験材料

a) AM, ATP, KCl, Michaelis 氏 veronal acetate buffer (以下記載においては B(-) は buffer の入らぬ場合, B(7.5) とは pH 7.5 上記 buffer を用いた場合を示

す。)

b) 使用する ion の種類と濃度

実験 I においては  $MgCl_2$  は  $10^{-3}$  M,  $CaCl_2$  は  $10^{-3}$  M と  $10^{-2}$  M, ion 強度  $\mu=0.08\sim0.25$ 。

実験 II においては  $MgCl_2$  は  $10^{-3}$  M,  $CaCl_2$  は  $10^{-2}$  M,  $\mu=0.12, 0.16, 0.2$ 。

実験 III においては  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$  ともに  $5\times10^{-2}$  M,  $10^{-2}$  M,  $10^{-3}$  M,  $5\times10^{-4}$  M,  $10^{-4}$  M,  $5\times10^{-5}$  M,  $10^{-5}$  M,  $5\times10^{-6}$  M,  $10^{-6}$  M,  $\mu=0.16$ 。

なお ion は AM を入れる前に反応混液中に加える。

#### B. 実験方法

前報<sup>7)</sup>に準ずる。

### 実験成績

実験 I:  $\mu$  (イオン強度)  $=0.08\sim0.25$  (KCl 濃度は  $0.05\sim0.19$  M) における superppt に対する ion の影響

#### a. $10^{-3}$ M $MgCl_2$

① 超沈澱は実験を行なつた範囲においては B(7.5) では  $\mu=0.11\sim0.18$  においてまた、B(-) では  $\mu=0.1\sim0.2$  において起き B(-) でははっきりしないが B(7.5) においては

superppt の起きる範囲をややせばめるようである。そして B (-) では 0.1~0.16, B (7.5) では 0.12 で Mg 式 plug (P-Mg と略す) 即ち plate 1 の右端にみられるようなものが生じ, B (-) では 0.18, B (7.5) では 0.16 では典型的な plug が生じた。

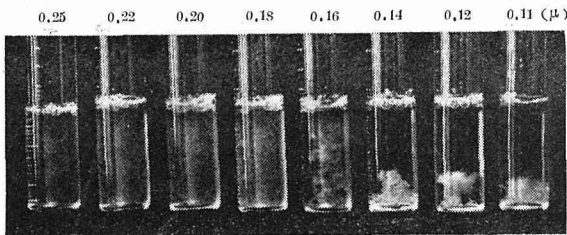


Plate 1. Effect of  $MgCl_2$  ( $10^{-3}$  M) on superprecipitation.

(5 minutes after addition of ATP)

- Conditions: ④ pH 7.5 Michaelis' veronal acetate buffer 0.5 cc in 2 cc (total volume)  
 ⑤ Final myosin B concentration: 1.5 mg/cc  
 ⑥ Final ATP concentration:  $5 \times 10^{-4}$  M  
 ⑦ Temperature: 18°C

② 超沈澱の強さは Fig. 1, a にみられるように B (-), B (7.5) ともに  $\mu=0.1 \sim 0.16$  において一様やや促進して

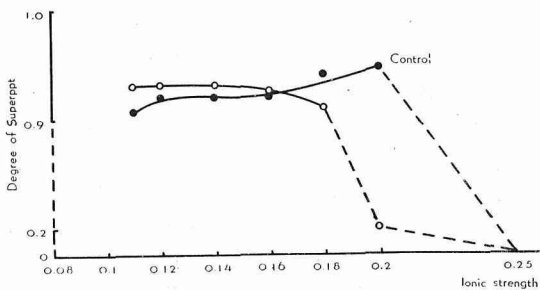


Fig. 1, a. Effect of  $MgCl_2$  ( $10^{-3}$  M) on superprecipitation. B (7.5)

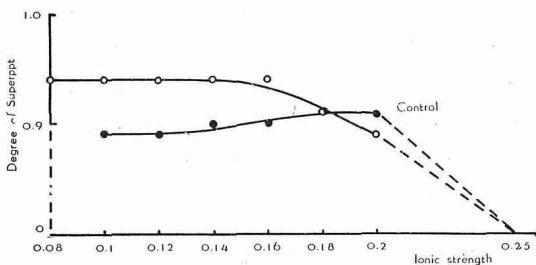


Fig. 1, a'. Effect of  $MgCl_2$  ( $10^{-3}$  M) on superprecipitation. B (-)

いる。B (7.5) は  $\mu=0.18 \sim 0.2$  においては阻害している。但し B (-) では著明ではないが B (7.5) では著明である。

③ ATP を加えてから syneresis 開始までに要する時間は Table 1 に示されている。この値は各 sample において数値は差があるが、Table 1 のはその標準的な値であつて成績は B (-), B (+) それぞれ少なくとも、0.12 以上、0.11 以上において全般的に且つ  $\mu$  が高くなるにつれて甚だしい所要時間の延長をみた。

Table 1. Effect of  $MgCl_2$  ( $10^{-3}$  M) on the Time Interval Between the Addition of ATP and the Beginning of Superprecipitation

$\mu$	B (-)		B (7.5)	
	$MgCl_2$ (+)	control	$MgCl_2$ (+)	control
0.08	30''	34''	/	/
0.1	40''	37''	/	/
0.11	/	/	3'5''	35''
0.12	2'33''	50''	5'15''	35''
0.14	8'10''	50''	10'	37''
1.16	15'	50''	18'	38''
1.18	22'	54''	26'40''	40''
0.2	29'	54''	—	40''
0.25	—	—	—	—

/ : No experiments.

— : Superprecipitation does not occur.

#### b) $10^{-3}$ M $CaCl_2$

① 超沈澱は実験を行つた範囲において B (7.5) においては  $\mu=0.11 \sim 0.20$  でおきたが (Fig. 1, b), plug の収縮は悪く殊に横径の収縮は極めて悪くて (まずないとみてよい) Ca 式 plug (P-Ca と略す)。即ち plate 2 の右端にみられる如きものを生じた。

② 超沈澱の強さは Fig. 1, b の如く  $\mu=0.11 \sim 0.18$  では

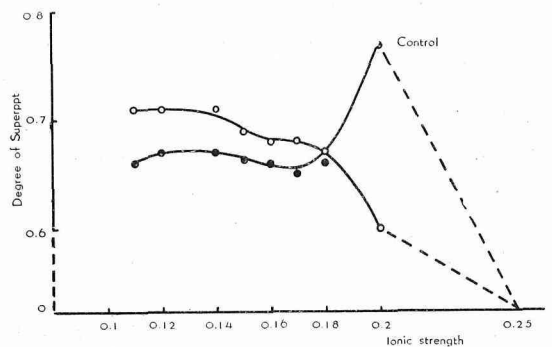


Fig. 1, b. Effect of  $CaCl_2$  ( $10^{-3}$  M) on superprecipitation. B (7.5)

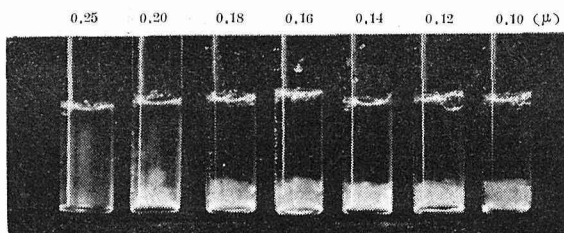


Plate 2. Effect of  $\text{CaCl}_2$  ( $10^{-3}$  M) on superprecipitation.  
(5 minutes after addition of ATP)

Conditions: ④ pH 7.5 Micheaelis' veronal acetate buffer 0.5 cc in 2 cc (total volume)  
⑤ Final myosin B concentration: 1.5 mg/cc  
⑥ Final ATP concentration:  $5 \times 10^{-4}$  M  
⑦ Temperature:  $18^\circ\text{C}$

やや促進の傾向がみられるが0.2においては阻害している。

③ ATPを加えてから syneresis 開始までに要する時間は Table 2 の如く一般にやや短縮しているが殆ど Mg の場合とは異なり  $\mu$  の増加による延長はあるがその差は大きくない。

Table 2. Effect of  $\text{CaCl}_2$  ( $10^{-2}$  M) on the Time Interval Between the Addition of ATP and the Beginning of Superprecipitation

$\mu$	$10^{-3}$ M $\text{CaCl}_2$ , B (7.5)		$10^{-2}$ M $\text{CaCl}_2$		
	$\text{CaCl}_2$ (+)	control	B (7.5)		B (-)
			$\text{CaCl}_2$ (+)	control	
0.11	55''	60''	—	58''	1'20''
0.12	60''	60''	50''	58''	1'30''
0.14	60''	65''	1'20''	66''	1'40''
0.16	65''	72''	2'	70''	2'
0.18	70''	75''	2'20''	75''	2'30''
0.2	70''	75''	3'	78''	3'
0.25	—	—	—	—	—

#### C. $10^{-2}$ M $\text{CaCl}_2$

① 超沈澱は実験を行つた範囲において B (7.5) では  $\mu = 0.12 \sim 0.2$  で, B (-) では  $\mu = 0.1 \sim 0.2$  で起きる (Fig. 1, c) plug の収縮はいつでも悪く B (-) では P-Ca を生ずる。但し B (7.5) では横径もやや収縮し, control の時の plug に少し近づいたものを生じた。

② 超沈澱の強さは Fig. 1, c の如く B (7.5) では  $\mu = 0.12 \sim 0.16$  ではやや促進, B (-) では殆ど差はなく,  $\mu = 0.16 \sim 0.2$  では B (7.5), B (-) ともに阻害している。

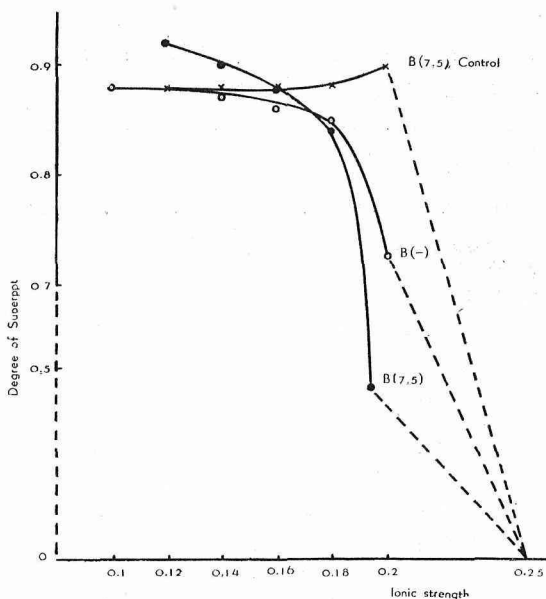


Fig. 1, c. Effect of  $\text{CaCl}_2$  ( $10^{-2}$  M) on superprecipitation.

③ ATPを加えてから syneresis を開始するまでの所要時間は Table 2 の如く全般的に延長するがその度合は  $\mu$  の増加につれてかなり大きく延長する。

実験 II: 一定の  $\mu$  において同時に同一条件で行つた superppt に対する Mg, Ca の影響の比較

superppt は僅かの実験条件の差, 即ち, 僅少の温度差, AM の sample の差, AM の aging, その他一寸した避くべからざる条件の差で得られる data は必ずしも同一ではないので数量的比較を行なえるように同時に同一条件下において実験を行つた。この成績は Table 3 にのつており, superppt のつよさに対する  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , B (7.5), B (-) の影響を t-test によつて検したものが Table 4, 5 である。なお Table 3 の数値はいづれも平均値である。Table 3 より分かるように control を含めていづれの場合も superppt に要する時間は  $\mu$  が大になるにつれて延長した。また AM の収縮に及ぼす影響では Table 4 の如く B (-) では  $\mu = 0.12 \sim 0.16$  において  $\text{MgCl}_2$  ( $10^{-3}$  M) は促進, 0.2 では有意ではないが促進の傾向が認められる。 $\text{CaCl}_2$   $10^{-2}$  M は  $\mu = 0.12 \sim 0.2$  に涉つて一様に阻害する。B (7.5) では  $\mu = 0.12 \sim 0.16$  で  $\text{MgCl}_2$   $10^{-3}$  M は促進, 0.2 では阻害,  $\text{CaCl}_2$   $10^{-2}$  M は  $\mu = 0.12 \sim 0.16$  において促進, または促進傾向 (0.16), 0.2 で阻害した。

上記の data につき buffer の有無による差を特記するならば  $\mu = 0.12 \sim 0.16$  において  $\text{CaCl}_2$   $10^{-2}$  M は B (-) では阻害, B (7.5) では促進の傾向を示した。また  $\text{MgCl}_2$   $10^{-3}$  M は 0.2 において B (-) は促進 (+) であるにもかかわらず

**Table 3.** Comparison of the Effects of  $MgCl_2$  and  $CaCl_2$   
Experiments were carried out Simultaneously under the Same  
Conditions (Each Numerical Value is Average)

	$\mu$	0.12		0.16		0.2	
			superppt		superppt		superppt
control	B (-)	0.855	50''	0.88	50''	0.855	1'
	B (7.5)	0.865	30''	0.8775	45''	0.8325	50''
$MgCl_2$ ( $10^{-3}$ M)	B (-)	0.91	1'40''	0.905	4'	0.87	8'30''
	B (7.5)	0.9	4'40''	0.905	14'	0.1075	—
$CaCl_2$ ( $10^{-2}$ M)	B (-)	0.575	3'50''	0.58	4'	0.34	4'30''
	B (7.5)	0.9	1'10''	0.9	1'35''	0.305	3'30''

**Table 4.** Results of T-test on the Intensities of Superprecipitation  
Shown in Table 3 and the Type of Plug

		$\mu=0.12$		0.16		0.2	
		Decision	Plug	Decision	Plug	Decision	Plug
B (-)	Control		(P)		(P)		(P)
	$MgCl_2$ ( $10^{-3}$ M)	Acceleration (0.02~0.05)	(P-Mg)	Acceleration (0.02~0.05)	(P-Mg)	Acceleration ( $\pm$ ) (0.05~0.1)	(P~P)
	$CaCl_2$ ( $10^{-2}$ M)	Hindrance (Below 0.001)	(P-Ca)	Hindrance (0.01~0.001)	(P-Ca)	Hindrance (0.01~0.001)	(P-Ca)
B (7.5)	Control		(P)		(P)		(P)
	$MgCl_2$ ( $10^{-3}$ M)	Acceleration (0.01~0.001)	(P-Mg)-(P)	Acceleration (0.01~0.001)	(P)	Hindrance (Below 0.001)	—
	$CaCl_2$ ( $10^{-2}$ M)	Acceleration (0.01~0.001)	(P)	Acceleration (0.05~0.1)	(P)	Hindrance (Below 0.001)	(P)

The decision is based upon the results of T-test, and the parenthesized value shows its level of significance.

(P): Typical plug, usually formed in the case of the absence of extraneous ions.

(P): More contracting than (P). (ratio of contraction less than 1/2 (in length))

(P): Plugs contracting in both directions, its degree is less than in the case of (P).

(P-Mg): contracted in oval shape (not in the shape of the vessel itself, the degree of contraction in this case is greater than in the case of (P)).

(P-Ca): Plugs contracting in height only, the degree being less than in the case of (P).

**Table 5.** Comparison of the Effects of  $CaCl_2$  on the Volume Contraction

		t	$\alpha$
		Acceleration	
$CaCl_2$ $10^{-2}$ M	B (-)	8.5 significant (rapid increase of	0.01~0.02 hindrance)
	B (7.5)	45.7 significant (rapid change towards	below 0.001 hindrance)

At  $\mu$  (ionic strength)=0.2 and  $\mu=0.16$  (in the cases of B (-) and B (7.5))

B (7.5) は阻害した。

また Table 5 の如く  $10^{-2}$  M  $\text{CaCl}_2$  では B (—) で  $\mu=0.16$  と 0.2 の間で阻害の程度は有意、つまりここで阻害の程度は急につよくなっている。また B (7.5) では  $\mu=0.16\sim0.2$  の間で有意の差があり促進 (+) が高度の阻害に転換している。

実験 III:  $\mu=0.16$  における  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$   
濃度の superppt に及ぼす影響

これは Table 6, 7, Fig. 2 に示されているような成績を得た。

Table 6. Effects of  $\text{MgCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$  Concentrations on the Time Interval Between the Addition of ATP and the Beginning of Syneresis

Concentration	Time interval between the addition of ATP and the beginning of the superprecipitation	
	$\text{MgCl}_2$	$\text{CaCl}_2$
$5 \times 10^{-2}$ M	20'	35'
$10^{-2}$	3'	3'10''
$10^{-3}$	8'	2'50''
$5 \times 10^{-4}$ M	8'	2'40''
$10^{-4}$	8'	2'30''
$5 \times 10^{-5}$	7'30''	2'20''
$10^{-5}$	5'	2'20''
$5 \times 10^{-6}$	3'10''	2'25''
$10^{-6}$	2'40''	2'30''
Control	2'20''	

(B (7.5),  $\mu=0.16$ )

Table 7. Effects of  $\text{MgCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$  Concentrations on the Intensity of Superprecipitation

$\text{MgCl}_2$	+	$10^{-2}\text{M} \sim 5 \times 10^{-2}$ M
	±	$5 \times 10^{-6}$ M $\sim 10^{-6}$ M
	—	$5 \times 10^{-4}$ M $\sim 10^{-5}$ M
$\text{CaCl}_2$	+	$10^{-4}$ M $\sim 10^{-5}$ M
	±	$5 \times 10^{-6}$ M $\sim 10^{-6}$ M
	—	$5 \times 10^{-4}$ M $\sim 5 \times 10^{-2}$ M

( $\mu=0.16$ , B (7.5))

+: Acceleration  
±: Ambiguous  
—: Hindrance

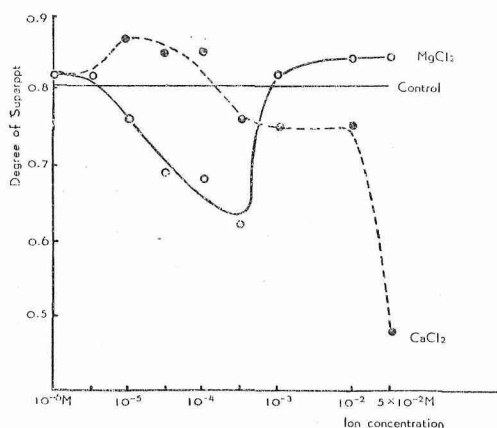


Fig. 2. Effect of concentrations of  $\text{MgCl}_2$  and  $\text{CaCl}_2$  on the degree of superprecipitation. B (7.5),  $\mu=0.16$

## 成績の総括並びに考按

### 1. 成績の総括

- ① superppt に対する  $\text{MgCl}_2$  の影響
- ②  $10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$  は superppt の起る範囲を狭め、起る superppt の度合を激しくする傾向がある。
- ③  $\text{MgCl}_2$  が入ることにより ATP 添加より syneresis 開始までの所要時間は著明に延長し  $\mu$  の大なるほどこの傾向は著しい。
- ④ superppt の強さに対する  $\text{MgCl}_2$  の濃度の影響は  $5 \sim 10^{-4}$  M  $\sim 10^{-5}$  M の間で阻害、この範囲の両側の濃度では促進である。

① control にみられない Mg 式 plug (plate 1 の右端にみられるようなもの) を生ずることがある。

- ② superppt に対する  $\text{CaCl}_2$  の影響
- ③  $10^{-2}$   $\text{CaCl}_2$  は superppt の起る範囲を変えない。また superppt の強さについては buffer の影響が認められ buffer のない場合は阻害であるにもかかわらず buffer の入った場合は促進の傾向があらわれる。

①  $\text{CaCl}_2$  が入ることにより ATP の添加より syneresis 開始までの所要時間は  $\text{MgCl}_2$  ほどは延長せしめない。

③ superppt の強さに対しては  $5 \times 10^{-4}$  M  $\sim 10^{-2}$  M  $\text{CaCl}_2$  の間では control とあまり大きな差がないがそれ以上濃度が高くなると強く阻害、低くなると促進を示す。

④  $\text{CaCl}_2$  が入ると control にみられない Ca 式 plug (plate 2 の右端の如きもの) を生ずることがある。

### 2. 先人の成績との比較

$10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$  存在下では A. Szent-Györgyi は superppt の起る領域は 0.05 M  $\sim 0.12$  M KCl にまで狭められるといっている<sup>2)</sup>。しかし著者の実験成績では B (7.5) では

0.18 M KCl, B (-) では 0.2 M KCl で superppt が起つて  
いる。但し 0.12 M KCl 以下の場合に較べて syneresis の  
おきるまでの時間は相当に長くなる。即ち  $\text{MgCl}_2$  は比  
較的短時間における判定では A. Szent-Györgyi の如く  
superppt の範囲を狭める傾向があるがその範囲は氏のい  
う如く顕著なものではない。またこの範囲において  $\text{MgCl}_2$   
が superppt を激しくするといひ<sup>2)</sup> Bowen は myosin B  
thread の収縮を促進するといっているが<sup>2)</sup> 著者の成績は  
これと全く一致する。しかし  $\text{MgCl}_2$  の濃度によつてこれ  
らの関係が異なることは考慮せねばならず、これは著者の  
data の示すとおりである。

A. Szent-Györgyi は  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$  が superppt を完全  
に抑制する<sup>2)</sup> といひ Bowen も myosin B thread を用い  
て同じことをいつている<sup>2)</sup>。著者もその傾向を認めるけれ  
ども buffer が入ることにより寧ろ促進的になることから  
 $\text{CaCl}_2$  が阻害的ということは断定し得ない。しかも著者の  
成績の如く濃度にも関係するから  $\text{CaCl}_2$  の影響についての  
判断は注意を要する。

### 3. 著者の得た成績の考察

#### ① ATP 添加より syneresis 開始までの所要 時間に対する $\text{MgCl}_2$ , $\text{CaCl}_2$ の影響

$\text{MgCl}_2$  入りも  $\text{CaCl}_2$  入りの何れの場合も Table 1, 2,  
3 の如く  $\mu$  の増加に従つて所要時間は延長する。これは  $\mu$   
の増大によつて AM の解離傾向が増すため主に aggrega-  
tion までの時間が、長くなることによるのであろう。  
Table 3 の如くまた同じ  $\mu$  で較べた場合 B (7.5) の方が B (-)  
より所要時間はやや短いにもかかわらず  $\text{MgCl}_2$  が入った  
場合 B (7.5) は B (-) に較べて急激に延長する。これも bu-  
ffer の AM 解離作用と  $\text{MgCl}_2$  の AM の ATP に対する  
affinity を増し恰かも AM にとつては ATP 濃度が増した  
かのような作用との相加によつて急に増加したものであろ  
う。なお control で B (7.5) の方が B (-) より所要時間の  
短いのは buffer の作用で AM の aggregate は細分され  
反応面が増すことにより ATP 分解量が増し ATP 濃度の  
減少による AM 分子間の repulsion の減少と buffer の  
解離傾向との兼ね合いで前者が優つたと考えてよいのではな  
いだろうか。また、 $\text{CaCl}_2$  が入った時も  $\text{MgCl}_2$  ほどは著る  
しくはないが、時間の延長が認められる。これは、S. S.  
Spicer のいうように Ca は protein に ATP の収着される  
ことを拒げ、この時 Ca と ATP は拮抗的に働くともて  
よからうし<sup>5)</sup>、さらにこの際は ATP の収着量の少いために  
収縮がおきるには時間がかかるとみてよいのではあるまい  
か。

#### ② superprecipitation の強さに 対する $\text{MgCl}_2$ , $\text{CaCl}_2$ の影響

Table 4, 5 において超沈殿の強さについて B (-) の場合、  
 $10^{-2}$  M  $\text{CaCl}_2$  と  $10^{-3}$  M  $\text{MgCl}_2$  は常に拮抗的に働いてい  
る。ところが B (7.5) の方を較べてみた時に  $\text{MgCl}_2$  入り  
 $\mu=0.2$  の場合 B (-) が促進 (+) であつたのに較べて B (7.5)  
の阻害は明かに pH の影響で buffer の AM 解離的作用が  
Mg の作用に重なつてかなり解離の方向に進み、収縮の阻  
害があらわれたのではないかと考えることが出来る。つま  
り buffer の AM を解離の方向に進ませる作用のあらわれ  
とみうる。 $\text{CaCl}_2$   $10^{-2}$  M で  $\mu=0.12\sim 0.16$  において B (7.5) に  
促進、B (-) に阻害の現われるのは pH の影響 (buffer の影  
響) によることは明かであり Table 5 の場合は  $\mu$  の影響に  
よる。つまり B (-) と B (7.5) において  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  の作  
用は pH と  $\mu$  (主に KCl 濃度) によつて変化する。 $\text{MgCl}_2$  の  
作用は①に述べたと同様に ATP に対する AM の affinity  
をまし恰かも ATP 濃度が増したと同じ作用になり促進を  
示した、 $\mu$  が大きくなり過ぎたり  $\text{MgCl}_2$  濃度が大きき  
すぎると repulsion が大となり解離傾向に向ひ superppt 域  
からずれて阻害を示すようになると考える。 $\text{CaCl}_2$  の阻害  
の場合はやはり AM に対する ATP の収着を殊にさまたげ  
る働きがあるためと考えられる。促進の場合は  $\text{CaCl}_2$  によ  
る ATPase 活性の著明なる促進が何かの関係をもつてい  
るのではあるまいか。

#### ③ 生ずる plug に対する $\text{MgCl}_2$ , $\text{CaCl}_2$ の影響 これについてはふれない。

### 1. 生筋内における $\text{MgCl}_2$ と $\text{CaCl}_2$ の働き方

さて筋肉収縮の溶液内 model とみなされている super-  
ppt の上述のような成績から筋肉内でのことを考察して  
みると先づ筋肉内には  $\text{MgCl}_2$  0.012 M,  $\text{CaCl}_2$  0.006 M 程  
度ふくまれている。

この濃度の  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  は Table 4, 7 のそれぞれの  
濃度のイオンの作用と同じ影響を及ぼす。さて筋肉内では  
pH は 7.3 程度に保たれておりまた略 0.16 M KCl と等張で  
あるとされている。これは略 Table 4 の  $\mu=0.16$ , B (7.5)  
の条件に一致する。この条件では  $\text{MgCl}_2$  も  $\text{CaCl}_2$  もとも  
に収縮促進の傾向を有し筋肉収縮はつよく行なわれる。そ  
して筋運動の結果筋肉の pH が下りほぼ pH 6.3~6.5 程度  
までの酸性になる。これは B (-),  $\mu=0.16$  の条件に合致す  
る。ここでは  $\text{CaCl}_2$  はつよく阻害的に働き今度は  $\text{MgCl}_2$   
と拮抗して全体として阻害を示すだろう。これは筋肉のそ  
れ以上の収縮にブレーキをかけまた収縮しにくい条件をつ  
くることになる。また筋肉活動の影響は浸透圧的に活動  
性の K が筋活動時に筋肉に増し筋内の K 濃度がふえると  
いう考え<sup>8)</sup> よりすると当然、筋肉活動をすると従つて筋肉  
内の K 濃度が上り、Table 5 のように  $\text{CaCl}_2$  に関して  $\mu=$   
0.16 の収縮促進傾向より 0.2 の阻害に逆転し pH の変化と

同様にまたしてもそれ以上の収縮にブレーキをかけ、収縮しにくい条件をつくるのではなかろうか。そして次いで筋肉の疲労の回復とともに pH も K も筋収縮以前の状態にもどることになるだろう。

### 摘 要

Superprecipitation に対する  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  の影響を研究し、その結果次のことが解つた。

1)  $10^{-3} \text{ M MgCl}_2$  は superppt の起きる範囲を狭めその強さをます傾向がある。

この関係は  $\text{MgCl}_2$  の濃度によつて一様ではない。

2)  $10^{-2} \text{ M CaCl}_2$  は superppt の起きる範囲には影響を与えず条件によつてはその強さを弱める。この関係は  $\text{CaCl}_2$  の濃度によつて一様ではない。

3)  $\text{MgCl}_2$  と  $\text{CaCl}_2$  はいずれも ATP 添加より synere-

sis 開始までの所要時間を延長する傾向がある。

なお上記の成績に基いて筋肉収縮時に行なわれる可能性のある一示唆を得た。

(昭和 31. 11. 16 受付)

### 文 献

- 1) Bowen, W. J.: Am. J. Physiol. **165**, 14 (1951).
- 2) Szent-Györgyi, A.: Chemistry of Muscular Contraction 2nd ed (New York, 1951).
- 3) Banga, I.: cit Advan. Prot. Chem. **7**, 224 (1952).
- 4) Spicer, S. S.: J. Biol. Chem. **188**, 741 (1951).
- 5) Spicer, S. S.: Am. J. Physiol. **172**, 671 (1953).
- 6) 葛西: 札幌医誌 **10**, 10 (1956).
- 7) 葛西: 札幌医誌 **9**, 146 (1956).
- 8) cit 名取: 筋生理学 (昭 26).